

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THAÍS SZCZEPANIK

**ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM UMA USINA
DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE LOCALIZADA NA CIDADE
DE IRATI - PR**

CURITIBA

2017

THAÍS SZCZEPANIK

**ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM UMA USINA
DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE LOCALIZADA NA CIDADE
DE IRATI - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Greyce Charllyne Benedet Maas

CURITIBA

2017

AGRADECIMENTO

Ao curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono da Universidade Federal do Paraná, na pessoa de sua coordenadora professora Dr^a. Ana Paula Dalla Corte e de seu vice coordenador professor Ph.D. Carlos Roberto Sanquetta, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos demais professores deste curso de especialização que se esforçaram para transmitir o melhor conhecimento aos alunos, bem como aos tutores, que resolveram as mais distintas situações prontamente.

À empresa que permitiu que esta pesquisa fosse realizada.

Aos meus colegas de turma, sempre dispostos a ajudar, em especial minha amiga Sarah Sasaki Jurkevicz.

À minha professora orientadora Prof.^a Dr.^a Greyce Maas pela atenção desprendida e pelos bons conselhos nas horas de desânimo.

Especialmente aos meus pais, familiares e amigos.

A todos que contribuíram de alguma forma.

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se inventariar as emissões de gases de efeito estufa decorrentes da fabricação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), por uma empresa localizada em Irati – Paraná, no ano de 2015. Foram coletados os dados de produção e consumo de combustíveis pela empresa, bem como levantadas outras atividades geradoras de GEE que estivessem compreendidas nos seus limites organizacionais, conforme o estabelecido pela metodologia “*GHG protocol*”. Os cálculos que levaram aos resultados seguiram metodologia em apreço com vistas a quantificar as emissões de GEE e suas respectivas fontes dentro da organização em estudo, separando-as dentro de escopos. O valor total de emissões inventariadas para a empresa somou 1.556.306,58 kgCO_{2eq}, sendo que as atividades de maior impacto neste inventário foram contempladas no escopo 1 – de emissões diretas de GEE – que atingiu 1.537.869,27 kgCO_{2eq}, equivalente a 99% das emissões totais do inventariado para a empresa. Dentro do escopo 1 os equipamentos de combustão estacionária foram as maiores fontes de emissões, representando 71% do referido escopo seguida pela categoria de emissões móveis que representou 28% de suas emissões. O restante o escopo 1 foi constituído pelas emissões da destinação de resíduos sólidos, tratamento de efluentes e emissões fugitivas e representou apenas 1% desse escopo. No escopo 2 – emissões indiretas de GEE - o valor encontrado foi de 18.437,31 kgCO_{2eq}, representando 1% restante das emissões totais, sendo constituído somente por compra de energia elétrica.

Palavras-Chave: Protocolo GHG, Asfalto. CBUQ. Inventário de GEE.

ABSTRACT

The objective of this study was to inventory greenhouse gas emissions from the production of hot mix asphalt concrete (HMAC) by a company located in Irati, Paraná, in the year 2015. Production and consumption data were collected, as well as other activities that produces GHG (GreenHouse Gas) and are included in the company's organizational limits, as established by the "GHG protocol" methodology. The calculations that led to the results followed the methodology under consideration in order to quantify GHG emissions and their respective sources within the study organization, separating them within scopes. The total amount of emissions scheduled for the company amounted to 1,556,306.58 kgCO_{2eq}, and the activities with the greatest impact in this inventory were included in scope 1 - direct GHG emissions - reaching 1,537,869.27 kgCO_{2eq}, equivalent to 99 % of total inventory emissions to the company. Within Scope 1, stationary combustion equipment was the largest source of emissions, accounting for 71% of the scope, followed by the mobile emissions category which accounted for 28% of its emissions. The remaining scope 1 consisted of the emissions of solid waste disposal, effluent treatment and fugitive emissions and represented only 1% of this scope. In Scope 2 - indirect GHG emissions - the value found was 18,437.31 kgCO_{2eq}, representing the remaining 1% of total emissions, being constituted only by the purchase of electric energy.

Keywords: *GHG protocol*. Asphalt. HMAC. GHG Inventory.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVOS	8
2.1	OBJETIVO GERAL.....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	9
3.2	ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA.....	13
3.3	ELABORAÇÃO DO ESCOPO 1: EMISSÕES DIRETAS DE GEE.....	15
3.3.1	Cálculo das Emissões de Fontes Estacionárias.....	15
3.3.2	Cálculo das Emissões de Fontes Móveis	18
3.3.3	Cálculo das Emissões do Tratamento de Resíduos sólidos	19
3.3.4	Cálculo das Emissões do Tratamento de Efluentes.....	21
3.3.5	Cálculo das Emissões das Fontes Fugitivas	23
3.3.6	Considerações Sobre Emissões Provenientes de Processos Industriais, de Atividades Agrícolas e de Mudanças no Uso do Solo	24
3.4	ELABORAÇÃO DO ESCOPO 2: EMISSÕES INDIRETAS DE GEE DE ENERGIA	24
3.4.1	Cálculo das Emissões por Compra de Energia Elétrica	24
3.4.2	Considerações Sobre Emissões por Compra de Energia Térmica	25
4	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	25
4.1	PRODUÇÃO	25
4.2	EMISSÕES DIRETAS DE GEE – ESCOPO 1.....	26
4.3	EMISSÕES INDIRETAS DE GEE – ESCOPO 2	35
4.4	EMISSÕES TOTAIS.....	36
4.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE REDUÇÕES DE EMISSÕES NO SETOR	38
5	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O termo “*Mudança Climática*” é definido pelo IPCC (2007) como alterações nas condições do clima que podem ser identificadas por modificações na composição ou na variabilidade de suas propriedades, e que persistem por períodos prolongados de tempo, geralmente décadas ou períodos superiores. Essas mudanças acentuam-se cada vez mais, e vêm atraindo a atenção mundial, colocando esta problemática que apresenta estreita influência dos chamados gases de efeito estufa (GEE) em discussão nas mais distintas esferas da sociedade (VICENTE, 2017).

Sabe-se que o clima na Terra está regulado pelo fluxo de energia solar que atravessa a atmosfera na forma de luz visível, parte desta energia retorna em forma de radiação infravermelha, sendo que os GEE presentes no planeta têm capacidade para bloquear o retorno de parte desse tipo de radiação (BRASIL, 2012). Como consequência das atividades antrópicas, o nível de concentração de alguns desses gases, como CO₂, CH₄ e NO₂, vem aumentando na atmosfera, em especial devido à queima de combustíveis fósseis, a mudança no uso da terra e a agropecuária (BRASIL, 2016).

Relatórios de Avaliação elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) (2004) têm destacado que esse aumento influi sobre os processos de aquecimento global, constatando indicativos de mudanças climáticas significativas no decorrer do último século. Marengo *et al* (2011) alerta que os impactos relativos a essas mudanças, associados a variabilidade ambiental natural, poderão ser sentidos em todo o mundo, não somente sobre o clima, mas afetando de forma considerável o ciclo hidrológico e os eventos extremos, influenciando a disponibilidade dos recursos hídricos nas diferentes partes do planeta.

Assim, monitorar as alterações climáticas concomitantemente aos níveis de emissões de GEE pelas distintas atividades humanas tornou-se extremamente relevante, levando ao desenvolvimento de metodologias chamadas de Inventários de Emissões de GEE. Essas são ferramentas que nos auxiliam a entender, quantificar e gerenciar dados dos gases de interesse dentro de um limite organizacional ou territorial (NEVES; DOPICO, 2013; FGV, 2009). Os inventários são o passo inicial para diagnosticar como os setores da sociedade contribuem para

as emissões de GEE com suas atividades, e através deles seus níveis de emissões e suas principais fontes são revelados (FEAM, 2008).

Para Carloni (2012), um inventário de GEE bem estruturado e gerido, pode ter diversas finalidades, desde a gestão de riscos de emissões de GEE, passando pelo desenvolvimento de modelos atmosféricos, e até mesmo na construção e monitoramento de estratégias e políticas de redução de emissões. Através deles empresas de diferentes atividades podem conhecer suas principais fontes e níveis de emissões, estabelecer registros de conformidade de taxas de emissões permitidas pelos órgãos ambientais, planejar ações visando à redução das emissões de GEE, e até mesmo oportunizar medidas de mitigação e participação nos mercados de viés sustentável. (NEVES; DOPICO, 2013; SANQUETTA et al., 2013; FGV, 2009).

Em meio às distintas ferramentas empregadas na realização de inventários de GEE a principal metodologia utilizada por empresas e governos é a intitulada de *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol), desenvolvida pelo *World Resources Institute* (WRI) em parceria com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD) e é compatível com as normas ISO e com as metodologias de quantificação do IPCC (RIO DE JANEIRO, 2016; FGV, 2009).

Dentre indústrias que lançam poluentes na atmosfera estão as relacionadas à infraestrutura de transportes, em especial no que tange a fabricação, distribuição e conservação de misturas asfálticas, atividades com potencial geração de GEE (RUBIO et al., 2010). Entre os empreendimentos relacionados à fabricação de misturas asfálticas podemos destacar as que produzem concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), sendo seu objetivo básico proporcionar de forma adequada a mistura e o aquecimento dos agregados e do ligante asfáltico, homogeneizando-os, e produzindo assim, misturas asfálticas com características previamente especificadas (BERNUCCI et al., 2008).

Quanto as principais destinações do CBUQ, The Carbon Trust (2015) elenca uma variedade de usos, como pavimentação de pistas de pouso e decolagem, calçadas e ciclovias, portos e plataformas, canteiros de obras entre outros, entretanto, no Brasil destaca-se o seu uso para a pavimentação do modal rodoviário, sendo considerado por Balbo (2007) o mais comum e tradicional entre os tipos de revestimento asfáltico utilizados no país. Esta predominância é atribuída ao baixo custo de execução na pavimentação (em comparação a outros tipos de

revestimento), ao domínio da técnica e a pela facilidade e disponibilidade de usinas asfálticas que produzam este tipo de revestimento (GRAVE, 2016).

Nesse contexto, este trabalho buscou quantificar as emissões de GEE utilizando a metodologia *GHG Protocol* (versão 2016.2) em uma indústria de revestimento asfáltico do tipo CBUQ, uma vez que conforme o exposto por Thives e Ghisi (2017) a quantidade de estradas pavimentadas tende a crescer, sendo grande a demanda por rodovias com maior nível de qualidade, duplicadas e com programas de restauração periódica, o que acarretará no incremento do uso deste tipo de revestimento asfáltico e no seu impacto sobre o meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi quantificar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) de uma empresa do setor de usinagem de asfalto do tipo CBUQ utilizando a metodologia *GHG Protocol* (versão 2016.2).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar as fontes de emissões de gases de efeito estufa que estão presentes na atividade da usina e classificá-las conforme os diferentes escopos propostos pela metodologia *GHG protocol* (versão 2016.2).

Estimar as emissões de GEE conforme os escopos encontrados, definindo qual o escopo de maior relevância para esta empresa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A empresa a qual serviu como objeto deste estudo se localiza na região sul do Brasil e na mesorregião geográfica sudeste do estado do Paraná (IBGE, 2012), especificamente na cidade de Irati, aproximadamente 150 km de distância da capital do estado, Curitiba. O detalhe da localização da cidade de Irati encontra-se na Figura 1.

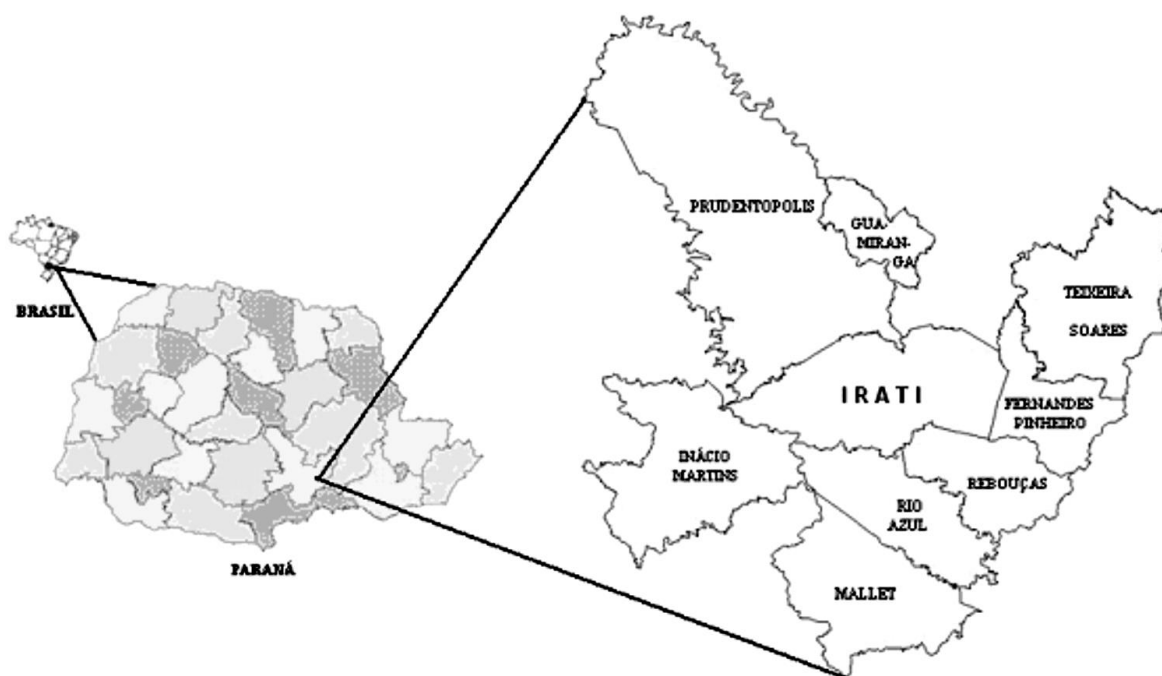


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO REGIONAL DO MUNICÍPIO DE IRATI NA PARTE SUL DO BRASIL.
FONTE: PIMENTEL et al. (2008)

A empresa ocupa uma área de 3.025,00 m², porém sua parte construída soma 2.100,00 m². Na Figura 2 podem-se observar as principais partes constituintes deste do empreendimento, que tem o objetivo de produção e venda de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), também chamado de concreto asfáltico (CA). Essa empresa é constituída por escritório com balança, área de armazenagem de agregados, tanques de ligante asfáltico e dispositivo para aquecimento, além dos equipamentos fixos de produção (usinas). Também dispõe de almoxarifado e manutenção, onde se encontra um lavador de veículos em anexo.

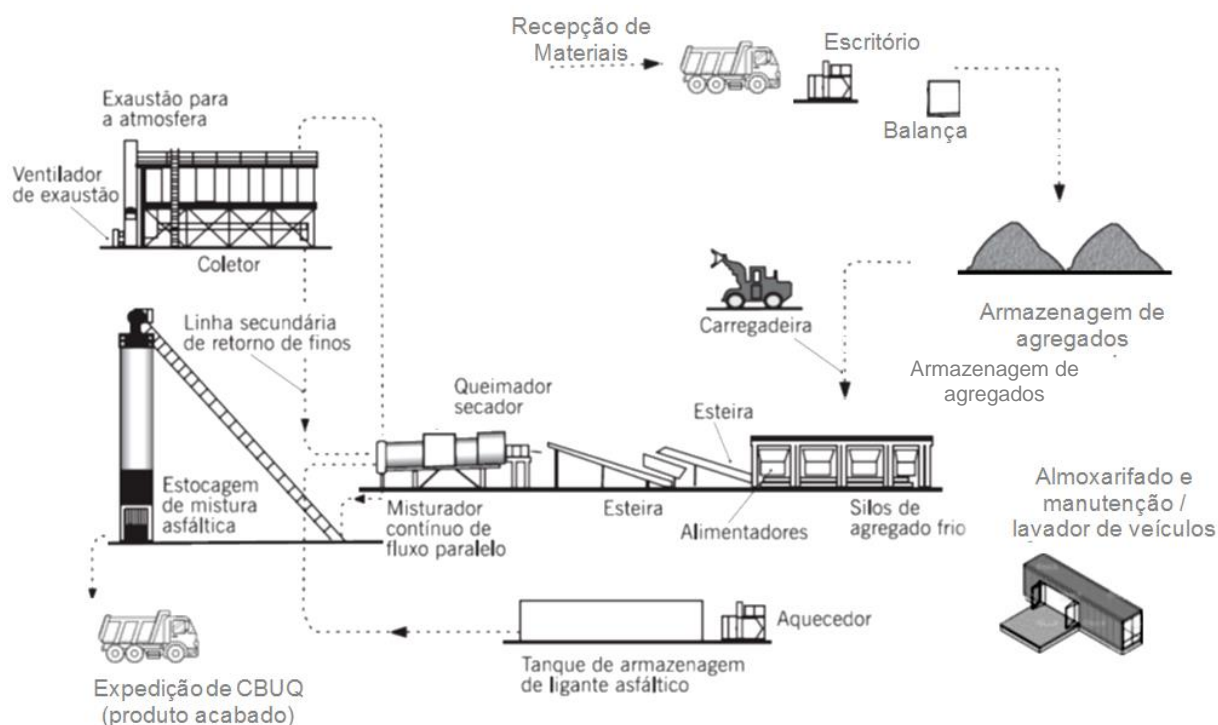


FIGURA 2 – DISPOSIÇÃO ESPACIAL E PARTES ENVOLVIDAS NA USINA DE ASFALTO AVALIADA.
 FONTE: ASPHALT INSTITUTE (1998) modificado pelo autor (2017)

O processo inicia-se com a recepção dos caminhões contendo os agregados (pedras britadas e areia) comprados de terceiros, que serão utilizados no traço¹ da massa asfáltica a ser produzida. Após a passagem na balança e realização dos procedimentos administrativos, o material é depositado de maneira ordenada em área coberta e impermeabilizada, onde fica armazenado para posterior utilização. O elemento ligante a ser utilizado nas misturas também é adquirido de terceiro, e geralmente trata-se de cimento asfáltico de petróleo (CAP), que fica estocado em três tanques metálicos justapostos instalados sobre bases horizontais concretadas, em área impermeabilizada e munida de contenção. Existem ainda mais dois tanques nesta mesma área destinados a outros dois tipos de ligantes, que podem ser utilizados em alguns casos específicos.

Na sequência, os agregados de diferentes granulometrias são carregados por maquinário até os silos dosadores. Nessa operação também se verifica a umidade dos materiais, garantindo que o traço pretendido seja alcançado. Portas localizadas no fundo de cada silo controlam as quantidades de cada fração de material que será direcionado por sistema de correias para secagem e aquecimento no cilindro

¹ No preparo de concretos ou de argamassas, porcentagem expressa pelo conjunto de razões (em peso ou volume) de cada um dos componentes empregados, tomando-se um deles como referência.

giratório, também denominado de secador-misturador rotativo. Esse procedimento garante a eliminação de água naturalmente contida nos agregados e seu aquecimento para atingir a temperatura ideal de mistura com o ligante. A empresa possui dois tipos distintos de equipamentos para produção da massa asfáltica, o equipamento mais antigo (Queimador 1) possui um queimador a GLP numa extremidade e um ventilador de exaustão na outra, operando no sistema de fluxo paralelo. Nas usinas de fluxo paralelo o agregado e o ar fluem na mesma direção, os agregados frios são introduzidos no secador na mesma extremidade onde existe o queimador e movimenta-se na direção da outra extremidade.

A empresa ainda dispõe de outro equipamento mais moderno (Queimador 2), operando no sistema de contra fluxo, uma vez que o agregado entra na extremidade oposta ao queimador e flui na direção oposta aos gases aquecidos, conforme ilustra a Figura 3. Nesse equipamento o combustível usado é o óleo combustível de xisto. Os dois equipamentos possuem o mesmo objetivo, contudo os equipamentos de contra fluxo tem sua empregabilidade estendida devido a sua maior eficiência produtiva.

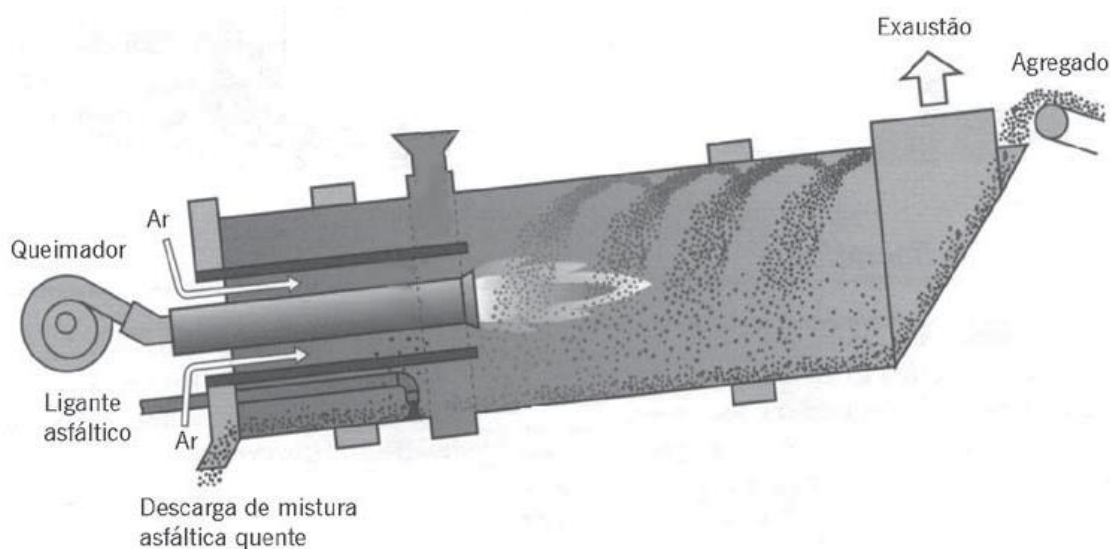


FIGURA 3 – TAMBOR DO SECADOR-MISTURADOR DE CONTRA FLUXO DE USINA CONTÍNUA E SEU FUNCIONAMENTO

FONTE: ASPHALT INSTITUTE (1998) modificado pelo autor (2017).

No mesmo tambor do secador rotativo acontece a mistura do ligante asfáltico, em geral o CAP, aos agregados previamente secos, realizando assim um processo contínuo. Primeiramente o agregado entra na chamada “zona primária” do tambor,

onde ocorre a secagem e o aquecimento. Movimenta-se então para a “zona secundária” onde o ligante asfáltico é introduzido e vigorosamente misturado.

O CAP chega até o equipamento de mistura através de dutos. Contudo, em temperaturas muito baixas, as moléculas não têm condições de se mover umas em relação às outras devido à alta viscosidade, sendo que este ligante se comporta quase como um sólido. Por isso, para que haja a movimentação do ligante pelos dutos se faz necessário o seu aquecimento por uma caldeira, assim à medida que a temperatura aumenta, algumas moléculas começam a se mover, baixando a viscosidade do ligante, que em temperaturas altas, se comporta como um líquido.

O produto resultante do processo aqui descrito é o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou Cimento asfáltico, que por meio de um elevador é direcionado para um silo de armazenamento, de onde é descarregado em um caminhão que o transportará para o local de pavimentação (pista).

O esquema simplificado do processo de produção de CBUQ pode ser visto na Figura 4, a qual demonstra o fluxograma de produção.

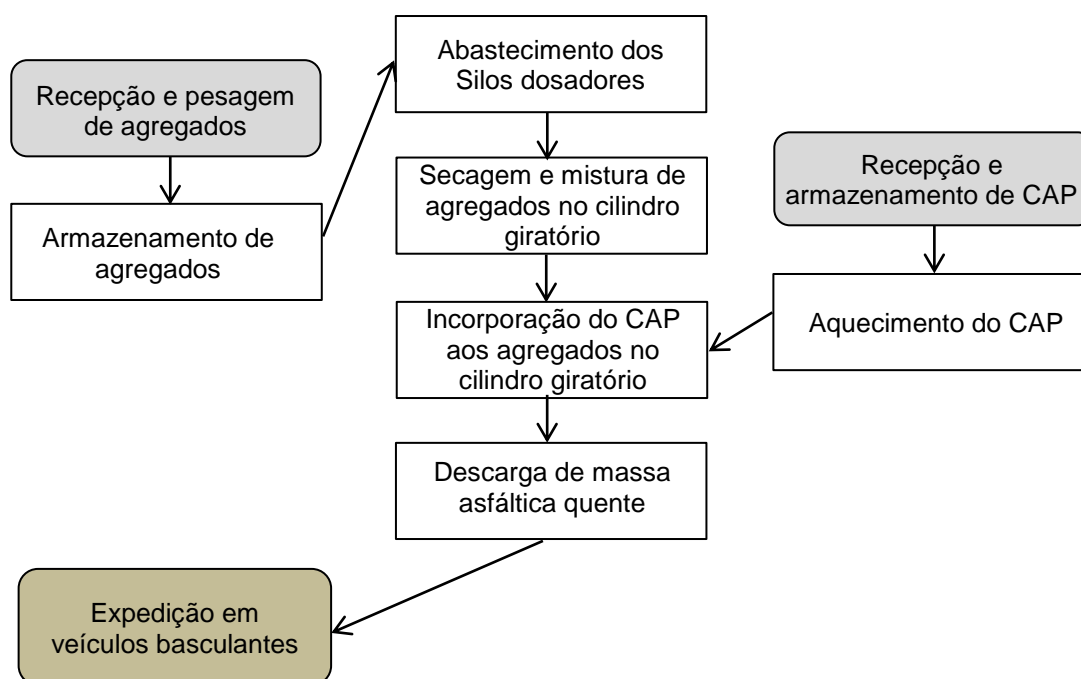


FIGURA 4 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CBUQ NA EMPRESA DESTE ESTUDO

FONTE: A AUTORA (2017).

Dentro das mediações da empresa existe um lavador de veículos, que periodicamente é usado para a limpeza dos caminhões e máquinas da empresa.

Para o tratamento dos efluentes dessa atividade o lavador possui sistema de tratamento primário constituído por caixa de separação de material sedimentável, e caixa de separação de óleos e graxas. Na sequência as águas oriundas do sistema primário são encaminhadas para uma lagoa anaeróbia.

3.2 ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Para elaborar o inventário de emissões de GEE do empreendimento foi adotada a metodologia e ferramenta de cálculo *GHG Protocol* (versão 2016.2) que contempla os gases regulados pelo Protocolo de Quioto aplicáveis às operações da empresa. O ano-base histórico para a contabilização das emissões e remoções de GEE foi o de 2015, por possuir as informações necessárias e suficientes já disponíveis no setor administrativo da empresa.

A primeira etapa da confecção deste inventário foi a definição dos limites organizacionais da empresa. Verificou-se que a empresa responde totalmente pelas emissões e/ou remoções de GEE quantificadas das instalações sobre as quais tem controle operacional. Esta situação é encontrada uma vez que a empresa possui autonomia para introduzir, programar e gerir as suas políticas de operação a fim de obter benefícios de suas atividades.

Em segundo momento foram estabelecidos os limites operacionais da empresa, ou seja, foram identificadas as emissões associadas às operações da organização, categorizando-as em emissões diretas ou indiretas e selecionando o escopo para contabilização e elaboração do inventário de emissões. As emissões diretas de GEE são aquelas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa, já as indiretas são as resultantes de atividades da empresa que está inventariando suas emissões, porém que pertencem ou são controladas por outra organização (GHG Brasil, 2016).

Conforme a metodologia utilizada as emissões são delimitadas em três escopos:

- Escopo 1 - Emissões diretas de GEE: Emissões de GEE de fontes controladas ou que pertencem a empresa.
- Escopo 2 - Emissões indiretas de GEE de energia: São aquelas provenientes da aquisição de energia elétrica/térmica consumida pela empresa. A energia

adquirida é definida como sendo aquela que é comprada ou então trazida para dentro dos limites organizacionais da empresa.

- **Escopo 3 - Outras emissões indiretas de GEE:** Este escopo tem seu relato opcional, e abrange todas as outras emissões indiretas, são uma consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa.

Por conseguinte, neste inventário foram levantadas apenas as informações referentes aos escopos 1 e 2, de relato obrigatório segundo a metodologia empregada, o escopo 3 foi suprimido por falta de dados. Esse processo se deu através de visitas que proporcionaram a descrição das atividades da empresa e o levantamento de dados foi feito com aplicação de um questionário endereçado ao controle administrativo da mesma, que detém informações quantitativas e qualitativas de todos os insumos e materiais envolvidos nos processos produtivos.

Conforme as informações obtidas, chegou-se aos resultados do levantamento das fontes de emissões associadas às suas operações, que são apresentadas divididas em seus respectivos escopos e que podem ser observadas no Quadro 1. Nele, associados aos escopos de emissão constam os equipamentos e atividades encontrados e suas fontes energéticas ou combustíveis (quando aplicável).

Escopo de emissão	Categoria de emissão	Equipamento ou atividade	Fonte da Emissão
Escopo 1	Combustão estacionária	Queimador secador/misturador 1	GLP
		Queimador secador/misturador 2	Óleo de Xisto
		Caldeira de aquecimento de CAP	Madeira
	Combustão móvel	Carregadeira e caminhões	Diesel Comercial
	Resíduos sólidos	Tratamento dos resíduos de refeitório, escritório e sanitários.	Resíduos orgânicos, papel e papelão
	Efluentes	Tratamento de efluentes do lavador de veículos	Lagoa de tratamento
	Fontes fugitivas	Ar condicionado	
Escopo 2	Compra de Energia Elétrica	Equipamentos elétricos e iluminação	Fator Emissão do SIN

QUADRO 1 – FONTES DE EMISSÕES DE GEE LEVANTADAS PARA A USINA DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) E SEUS RESPECTIVOS.
FONTE: O Autor (2017)

Após a obtenção dos resultados de emissões em seus respectivos escopos, as emissões foram somadas resultando na emissão total em toneladas de CO_{2eq} pela empresa objeto de estudo, conforme a Equação 1 apresentada pela metodologia empregada.

$$Em_{TOTAL} = Em_{escopo\ 1} + Em_{escopo\ 2} \quad (1)$$

Onde:

Em_{TOTAL} – Emissões totais da empresa objeto de estudo (CO_{2eq});

$Em_{escopo\ 1}$ – Total de Emissões encontradas para o escopo 1 da empresa inventariada (kgCO_{2eq});

$Em_{escopo\ 2}$ – Total de Emissões encontradas para o escopo 2 da empresa inventariada (kgCO_{2eq}).

Para a obtenção do fator de emissão de kgCO_{2eq} resultante da produção de uma tonelada de CBUQ pela empresa inventariada, utilizou-se a Equação 2:

$$Fp = \frac{Em_{TOTAL}}{Prod_{TOTAL}} \quad (2)$$

Onde:

Fp – Fator de emissão da produção de CBUQ (kgCO_{2eq}.t⁻¹)

Em_{TOTAL} – Emissões totais da empresa objeto de estudo no ano (kgCO_{2eq});

$Prod_{TOTAL}$ – Produção total de CBUQ para o ano (t)

3.3 ELABORAÇÃO DO ESCOPO 1: EMISSÕES DIRETAS DE GEE

3.3.1 Cálculo das Emissões de Fontes Estacionárias

A partir da determinação das fontes de GEE e sua quantificação, as emissões foram calculadas através de fórmulas matemáticas apresentadas pela ferramenta *GHG protocol* (versão 2016.2). No cálculo das emissões de combustão estacionária cada item recebeu um fator de emissão previamente definido pela metodologia, possibilitando a quantificação das emissões de CO₂, CH₄ e N₂O provenientes da queima dos distintos combustíveis utilizados. Os fatores de emissão para os combustíveis empregados nas atividades da usina estão na Tabela 1.

TABELA 1 – Fatores de emissão para os combustíveis fósseis e biomassa por unidade considerados neste inventário.

Combustível	Fator de Emissão (kg.un ⁻¹)			Unidade
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	2.932	0,23237	0,00465	Tonelada
Óleo de xisto	2.793	0,38100	0,02286	Tonelada
Lenha para queima direta	1.917	5,42609	0,07235	Tonelada

FONTE: MCT (2010) apud *GHG Protocol* (2016)

Outros itens imprescindíveis aos cálculos de emissões estão contemplados na Tabela 2, que traz os dados referentes à densidade dos distintos combustíveis e seu poder calorífico, respectivamente.

TABELA 2 - poder calorífico e densidade dos combustíveis levantados na realização deste inventário.

Combustível	Poder Calorífico Inferior (PCI)	Densidade	Unidade	Fonte da informação
	(GJ.t ⁻¹)	(kg.un ⁻¹)		
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	46,5	1.000	Tonelada	BEN, 2015
Óleo de xisto	38,1	1.000	Tonelada	IPCC, 2006
Óleo diesel (puro) *	42,3	0,840	Litro	BEN, 2015
Lenha para queima direta	18,1	1.000	Tonelada	MTC, 2010

* Reduzido o teor de Biodiesel exigido pela legislação brasileira no ano de 2015.

Fonte: Conforme o campo “fonte da informação” apud *GHG protocol* (2016)

As emissões de CO₂, CH₄ e N₂O provenientes da queima de diferentes combustíveis foram calculadas através da Equação 3 contida em *GHG protocol* (versão 2016.2) que segue:

$$Em_{GEE} = Cons_f \times Dens_f \times PC_f \times FE_{GEE,f} \quad (3)$$

Onde:

Em_{GEE} – Emissões do Gás de Efeito Estufa (kg);

Cons_f – Quantidade consumida do combustível do tipo *f*;

Dens_f – Densidade do combustível do tipo *f*;

PC_f – Poder calorífico do combustível do tipo *f*;

FE_{GEE,f} – Fator de emissão do GEE para o combustível do tipo *f*.

Por possuírem diferentes capacidades para influenciar o sistema climático, os GEE possuem potenciais de aquecimento global (PAG) distintos. Partindo desta informação através dos valores de PAG encontrados na Tabela 3 foram contabilizadas as diferentes emissões em uma unidade comum. Nesta pesquisa a unidade escolhida como referência é a adotada pelo *GHG protocol* (versão 2016.2), o CO_{2eq}. O dióxido de carbono é comumente utilizado por ser a substância cuja emissão afetada pelas atividades antrópicas mais contribui para o aquecimento global, por ser a mais emitida pelas atividades humanas entre os GEE.

TABELA 3 – Potencial de aquecimento global dos gases encontrados neste inventário para um período de cem anos.

Gás de efeito estufa	Fórmula química	Potencial de aquecimento global - PAG
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido Nitroso	N ₂ O	298

FONTE: IPCC Fourth Assessment Report (2007) apud GHG protocol (2016).

Assim as emissões dos gases provenientes das emissões estacionárias expressas em CO_{2eq} foram obtidas por meio da Equação 4 (GHG PROTOCOL, 2016) abaixo:

$$Em_{GEE.CO2eq} = Em_{f.GEE} \times PAG_{GEE} \quad (4)$$

Onde:

$Em_{GEE.CO2eq}$ – Emissões do Gás de Efeito Estufa expressas em CO_{2eq} (kg);

$Em_{f.GEE}$ – Emissões do Gás de Efeito estufa (kg) para o combustível do tipo f ;

PAG_{GEE} – Potencial de aquecimento global (PAG) para o gás do tipo GEE;

GEE – gás metano ou óxido nitroso.

Em posse das emissões dos diferentes gases expressas em CO_{2eq}, os resultados foram somados para se obter a emissão total em CO_{2eq}, relativa às diferentes atividades encontradas entre as fontes de combustão estacionárias.

3.3.2 Cálculo das Emissões de Fontes Móveis

As diretrizes do *GHG protocol* (versão 2016.2) indicam mais de uma forma para a estimativa das emissões provenientes da combustão móvel de uma organização. Entretanto, devido a disponibilidade de dados a opção escolhida foi a que leva em consideração o tipo e a quantidade de combustível consumido. Esse método se dá pela multiplicação da quantidade consumida de combustíveis no ano-base do inventário, pelos fatores de emissão respectivos relativos a cada gás para o combustível utilizado, conforme a Equação 5 proposta por *GHG protocol* (versão 2016.2) a seguir:

$$Em_{GEE} = Cons_f \times FE_{GEE,f} \quad (5)$$

Onde:

Em_{GEE} – Emissões do Gás de Efeito Estufa de interesse (kg.ano⁻¹);

$FE_{GEE,f}$ – Fator de emissão do GEE de interesse para o combustível;

$Cons_f$ – Quantidade consumida do combustível do tipo f (L.ano⁻¹).

Para os combustíveis resultantes da combinação entre biocombustíveis e combustíveis fósseis, foi determinada a porcentagem de cada um dentro da mistura, para que se pudesse aplicar o fator de emissão adequado, o percentual de biocombustível no diesel comercial para o ano de 2015 foi de 7%. As emissões de CO₂ provenientes do uso de biocombustíveis são classificadas como biogênicas.

Após a determinação da emissão dos diferentes gases de efeito estufa respectivos a cada combustível, os valores foram convertidos para CO₂eq pela Equação 6 conforme *GHG protocol* (versão 2016.2), e os resultados foram somados para se obter a emissão total proveniente das fontes de combustão móvel.

$$Em_{GEE.CO2eq} = Em_{f,GEE} \times PAG_{GEE} \quad (6)$$

Onde:

$Em_{GEE.CO2eq}$ – Emissões do Gás de Efeito Estufa expressas em CO₂eq (kg);

$Em_{f,GEE}$ – Emissões do Gás de Efeito estufa (kg) para combustível do tipo f ;

PAG_{GEE} – Potencial de aquecimento global (PAG) para o gás do tipo GEE;

GEE – Gás metano ou óxido nitroso.

3.3.3 Cálculo das Emissões do Tratamento de Resíduos sólidos

Esta seção é destinada às emissões do tratamento de resíduos enviados apenas a aterros, uma vez que não foi constatado o uso de compostagem na destinação de resíduos. O cálculo de emissão de GEE decorrente do tratamento de resíduos sólidos resultantes da empresa é relacionado com as características climáticas do local de disposição do resíduo, neste caso o local de destinação está situado na cidade de Irati, considerando-se para este inventário a precipitação anual $\geq 1.000 \text{ mm.ano}^{-1}$ e a temperatura média anual sendo $\leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (EMBRAPA, 2015; INMET, 2015 apud Programa Brasileiro GHG Protocol, 2016).

Devido ao perfil de degradação da matéria orgânica em aterros que ocorre por períodos de tempo longos, a metodologia utilizada recomenda que se considerem os resíduos aterrados em anos antecedentes, contudo devido à ausência de dados relativos a anos anteriores, levou-se em conta apenas o ano inventariado, que teve seus resíduos contabilizados.

Um dos principais fatores considerados na emissão de gases provenientes do tratamento de resíduos é a porcentagem de carbono orgânico degradável (COD) presente nestes. Na Tabela 4 é possível encontrar o valor do COD dos materiais que são descartados.

TABELA 4 – Porcentagem de carbono orgânico degradável (COD) presente nos resíduos sólidos destinados para tratamento em uma usina de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).

Resíduo	Carbono orgânico degradável (%)
Resíduos orgânicos	15
Papel e papelão	40
Plástico	0

FONTE: IPCC (2006) apud *GHG protocol* (2016)

Para a quantificação do valor total de carbono orgânico a ser degradado utilizou-se a Equação 7 vide *GHG protocol* (versão 2016.2).

$$COD_{TOTAL} = \sum_x \left(\frac{RES_x}{RES_{TOTAL}} \times COD_x \right) \quad (7)$$

Onde:

COD_{TOTAL} – valor total de carbono orgânico degradado em um ano;

RES_x – Quantidade do resíduo de interesse (x) encontrada na quantidade total de resíduos (%);

RES_{TOTAL} – quantidade total de resíduos enviada para tratamento no ano em estudo (t);

COD_x – Carbono orgânico degradável no resíduo de interesse (x) em %.

A próxima etapa constou na determinação da qualidade do local onde os resíduos foram dispostos conforme a Tabela 5. A partir deste procedimento pode-se determinar o fator de correção de Metano (MCRF), e o Fator de Oxidação de metano na superfície do aterro (OX) respectivamente, que se refere a quantidade de metano oxidada no local de disposição.

TABELA 5 - Características e classificação dos locais de disposição de resíduos conforme sua qualidade e seus respectivos fatores de correção de metano (MCF) e de oxidação (OX).

Classificação do local (qualidade)	Características	Fator de Correção de metano (MCRF)	Fator de Oxidação (OX)
A	Não possui classificação de aterro	0,6	0
B	Aterro com profundidade menor de 5 metros	0,4	0
C	Aterro com profundidade maior ou igual a 5 metros	0,8	0,1
D	Aterro sanitário	1	0,1
E	Aterro semiaeróbio manejado	0,5	0

FONTE: IPCC apud GHG *Protocol* (2016)

Para o cálculo da quantidade de metano gerado no tratamento dos resíduos foram utilizadas as equações 8 e 9 consequentemente, ambas conforme *GHG protocol* (versão 2016.2).

$$PG_{CH_4} = COD_{TOTAL} \times Conc_{CH_4} \times \frac{16}{12} \quad (8)$$

Onde:

PG_{CH_4} – potencial de geração de metano (t);

COD_{TOTAL} – valor total de carbono orgânico degradado em um ano;

$Conc_{CH_4}$ – fator de concentração de metano no biogás gerado, na ausência deste dado adotar-se-á o padrão (*default*) do IPCC (2006), que é igual a 0,5;

$\frac{16}{12}$ – razão de conversão do carbono (C) a metano (CH₄).

$$Em_{CH_4} = PG_{CH_4} \times (1 - OX) \times RES_{TOTAL} \quad (9)$$

Onde:

Em_{CH_4} – emissões de metano (t);

PG_{CH_4} – potencial de geração de metano (t);

OX – fator de oxidação;

RES_{TOTAL} – quantidade total de resíduos enviada para tratamento no ano em estudo (t).

Para que as emissões de metano pudessem ser convertidas em fração da unidade comum empregada nesta pesquisa (CO_{2eq}), o seguinte cálculo foi empregado, conforme a Equação 10, segundo a mesma metodologia:

$$Em_{CH_4.CO2eq} = Em_{CH_4} \times PAG_{CH_4} \quad (10)$$

Onde:

$Em_{CH_4.CO2eq}$ – Emissões de metano expressas em toneladas de CO_{2eq};

Em_{CH_4} – emissões de metano (t);

PAG_{CH_4} – potencial de aquecimento global (PAG) para o gás metano (CH₄).

3.3.4 Cálculo das Emissões do Tratamento de Efluentes

Neste subitem foram calculadas as emissões do tratamento de efluentes de propriedade da organização inventariante, para que posteriormente pudessem ser contabilizadas no total de emissões de GEE do escopo 1.

Para a realização deste cálculo foram levantadas as informações da vazão e da composição orgânica do efluente. A unidade relativa à composição orgânica do efluente escolhida para este estudo foi a demanda química de oxigênio (DQO), determinada por laboratório particular a partir de amostra coletada no sistema de tratamento. Com base nesses dados estimou-se o efluente orgânico total a ser tratado, conforme se demonstra a seguir na Equação 11 que esta contida em *GHG protocol* (versão 2016.2):

$$EO_{TOTAL} = Q_{Efluente} \times Comp_{Efluente} \quad (11)$$

Onde:

EO_{TOTAL} – Efluente orgânico total (kgDQO.ano⁻¹);

$Q_{Efluente}$ – Quantidade de efluente líquido no ano do inventário (m³.ano⁻¹);

$Comp_{Efluente}$ – Composição orgânica degradável do efluente (kgDQO.m³)⁻¹.

Conforme o tipo de tratamento aplicado ao efluente determinou-se o fator de conversão de metano a ser utilizado nos cálculos, alguns dos fatores propostos na metodologia *GHG protocol* (versão 2016.2) podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores do fator de conversão do metano para diferentes tipos de tratamento aplicados aos efluentes.

Tipo de tratamento aplicado ao efluente	Fator de conversão do metano (MCF)
Fossa séptica	0,5
Lagoa anaeróbia	0,8
Lagoa facultativa	0,2
Lagoa de maturação	0,2

FONTE: *GHG protocol* (2016)

Após determinado o valor a ser utilizado como fator de conversão do metano (MCNF) adequado à situação encontrada, é possível chegar ao fator de emissão de metano em relação à DQO do efluente. Isto é possível através da Equação 12 de *GHG protocol* (versão 2016.2).

$$FE_{CH_4.Efluente} = PCH_{4max} \times MCNF_{trat}$$

$FE_{CH_4.Efluente}$ – Fator de emissão de metano para efluente (kgCH₄. kgDBO⁻¹);

PCH_{4max} – Capacidade máxima de produção de metano para o efluente (kg CH₄.kgDQO⁻¹);

$MCNF_{trat}$ – Fator de conversão do metano para o sistema de tratamento empregado.

Pela Equação 13 (GHG PROTOCOL, 2016) foram estimadas as emissões totais de metano para o sistema de tratamento de efluentes existente.

$$Em_{CH_4} = (EO_{TOTAL} \times FE_{CH_4.Efluente}) - R_{CH_4} \quad (13)$$

Onde:

Em_{CH_4} – Emissões de metano (t);

EO_{TOTAL} – Efluente orgânico total (kgDQO.ano⁻¹);

$FE_{CH_4.Efluente}$ – Fator de emissão de metano para efluente (kgCH₄/kgDBO⁻¹);

Novamente para que as emissões de metano pudessem ser convertidas em fração da unidade comum empregada nesta pesquisa (CO_{2eq}), foram multiplicadas pelo potencial de aquecimento global (PAG) para o gás metano.

3.3.5 Cálculo das Emissões das Fontes Fugitivas

Segundo metodologia da ferramenta *GHG protocol* (versão 2016.2) existem três formas distintas para realização da estimativa das emissões das fontes fugitivas, contudo para este inventário foi utilizada a opção de triagem, uma vez que não é constatada grande representatividade desta categoria dentro do inventário para a empresa em estudo. Os cálculos desta opção são baseados em valores default de perdas do IPCC.

3.3.6 Considerações Sobre Emissões Provenientes de Processos Industriais, de Atividades Agrícolas e de Mudanças no Uso do Solo

Não foram calculadas emissões relativas a processos industriais, tampouco de atividades agrícolas e de mudanças no uso do solo, pois não foram encontradas essas atividades dentro das delimitações organizacionais abrangidas neste inventário.

3.4 ELABORAÇÃO DO ESCOPO 2: EMISSÕES INDIRETAS DE GEE DE ENERGIA

3.4.1 Cálculo das Emissões por Compra de Energia Elétrica

Os fatores de emissão de CO₂ para o consumo de energia elétrica foram baseados no Sistema Interligado Nacional (SIN) para o ano-base do inventário. Na Tabela 7 estão descritos os valores utilizados para o cálculo da energia elétrica conforme dados do Ministério de Ciência e Tecnologia.

TABELA 7 – Fatores de emissão (tCO₂eq.MWh⁻¹) do Sistema Interligado Nacional (SIN) para o ano de 2015.

Mês	Fator médio mensal	Mês	Fator médio mensal
Janeiro	0,1275	Julho	0,1221
Fevereiro	0,1321	Agosto	0,1183
Março	0,1369	Setembro	0,1217
Abril	0,1301	Outubro	0,1180
Maio	0,1258	Novembro	0,1127
Junho	0,1406	Dezembro	0,1075
Fator médio anual			0,1244

FONTE: MCT (2017)

A partir dos dados mensais de consumo de energia elétrica utilizou-se a Equação 14 para o cálculo das emissões mensais de CO₂ (GHG PROTOCOL, 2016).

$$Em_{mes} = \frac{Cons_{mes} \times FE_{mes}}{1000} \quad (14)$$

Onde:

Em_{mes} – Emissões de CO₂ para o mês avaliado (tCO_{2eq});

$Cons_{mes}$ – Consumo de energia elétrica de compra (tCO_{2eq}.KWh⁻¹);

FE_{mes} – Fator de emissão de CO₂ para o mês avaliado (tCO_{2eq}.MWh⁻¹).

Para a contabilização do total emitido para o ano-base deste inventário, os valores obtidos para cada um dos doze meses foram somados.

3.4.2 Considerações Sobre Emissões por Compra de Energia Térmica

Não são contratadas compras de energia térmica (vapor) na empresa em estudo, por isso não foram calculados valores de emissão para esta categoria.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 PRODUÇÃO

Para o ano de 2015 a produção atingida de CBUQ foi de aproximadamente 60.400 toneladas. A flutuação mensal de produção está contemplada na Figura 5 e a variação na quantidade produzida é considerada normal. Esse fato é explicado pela forma de comercialização do produto acabado, a usina apenas entrará em funcionamento após contrato de compra da produção. Assim, após o firmamento de contrato a usina produzirá aquilo que lhe foi requerido pelo comprador para entrega em certo período de tempo. Como as quantidades contratadas e o número de clientes flutua de forma aleatória durante o tempo, da mesma forma se comporta a produção que visa atender essas duas variáveis.

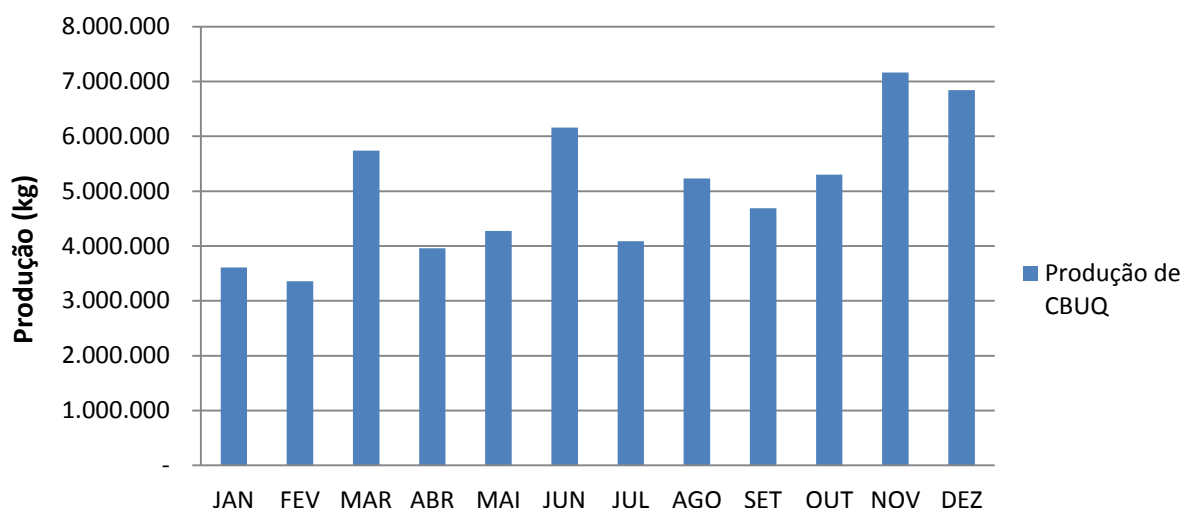


FIGURA 5 – PRODUÇÃO MENSAL EM kg PARA O ANO DE 2015 NA USINA OBJETO DESTE INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA.

FONTE: O Autor (2017)

Ainda sobre a flutuação de produção, segundo o Departamento de Indústria da Construção (2009) o setor de pavimentação asfáltica possui especificidades que atingem fortemente na dinâmica de suas atividades, por exemplo, em anos eleitorais, a demanda pelo produto sofre aumentos consideráveis. Em contrapartida, em períodos de muita chuva aumenta-se a dificuldade do prosseguimento das obras, o que implica a redução de produto.

4.2 EMISSÕES DIRETAS DE GEE – ESCOPO 1

Segundo o inventariado para a combustão estacionária, o gás de efeito estufa com maior emissão para o ano de 2015 foi o dióxido de carbono, como pode ser visto na Tabela 8, seguido das emissões de metano e óxido nitroso, respectivamente. Nela também se encontram os valores de emissões totais para a categoria. Conforme sugerido pela metodologia *GHG protocol* (versão 2016.2) as emissões de dióxido de carbono biogênico (provenientes da queima de madeira) encontram-se destacadas a parte, uma vez que se considera que o carbono presente em tal fonte combustível foi removido da atmosfera através da fotossíntese, e por isso essas emissões não possuem impacto adicional na concentração deste GEE na atmosfera. Contudo, foram contabilizadas as emissões de metano e óxido nitroso provenientes da queima de madeira no total de emissões de CO₂eq (não biogênico). A metodologia assim recomenda, pelo fato de haver diferença entre o potencial de aquecimento global desses gases (CH₄ e N₂O) em relação ao potencial

de aquecimento global do CO₂, sendo que apenas o último é capturado durante a fotossíntese.

Tabela 8 – Emissões totais e participação de GEE para a categoria combustão estacionária.

Emissão de interesse	Quantificação de emissões			
	Emissão GEE em CO _{2eq} (kg)	Emissões de GEE Relativas	Emissão de CO ₂ biogênico	Emissões de CO ₂ biogênico Relativas
CO ₂	1.080.741,27	99,44%	-	-
CO ₂ biogênico	-		26.985,96	100%
CH ₄	4.577,68	0,42%	-	-
N ₂ O	1.538,72	0,14%	-	-
Total	1.086.857,68	100%	26.985,96	100%

FONTE: O Autor (2017)

A quantidade superior de emissões de CO₂ em relação aos outros gases encontrados para a combustão estacionária se explica pela oxidação do carbono contido nos durante a queima de combustíveis fósseis utilizados nesta categoria, que segundo Carvalho (2008), são aqueles originados de animais, vegetais e micro-organismos fossilizados há milhares anos sofrendo transformações complexas, esses combustíveis possuem altas proporções de carbono em sua constituição.

No equipamento queimador 2, o combustível fóssil utilizado é o óleo de xisto, que é proveniente do processo de refino do folhelho piro-betuminoso (rocha sedimentar oleígena) que contém querogênio, um complexo orgânico que se decompõe termicamente e produz óleo e gás (MEDEIROS, 2013). Essas características garantem ao óleo de xisto ser constituído por 39% de hidrocarbonetos e 61% de outros compostos (GÂNDARA, 2000), fato que resulta no seu perfil de emissão.

Para o queimador 1, verificou-se o uso de GLP, segundo a Petrobrás (2013), o GLP trata-se da mistura formada, em sua quase totalidade, por moléculas de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos). Os constituintes mais importantes do GLP são o propano (C₃H₈), o propeno (C₃H₆), o isobutano (C₄H₁₀), o n-butano (C₄H₁₀), o buteno (C₄H₈), no caso do GLP por possuir alta proporção Hidrogênio/Carbono, se considera um combustível de menor emissão de CO₂ quando comparado a outros combustíveis fósseis.

A quantidade de combustíveis fósseis consumidos pelos equipamentos de aquecimento e mistura da massa, que são supridos por GLP e óleo combustível de xisto está descrita na Tabela 9, juntamente com a quantificação de suas emissões.

Tabela 9 - Emissões de gases de efeito estufa relativas ao consumo de diferentes quantidades e tipos de combustíveis de origem fóssil por equipamento de combustão estacionária, numa usina de concreto betuminoso usinado a quente.

Equipamento de combustão estacionária	Consumo (toneladas)				Emissões (kg)			
	GLP	Óleo Xisto	Madeira	Diesel	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2eq}
Queimador 1	242,89	*	*	*	712.282,43	56,44	1,13	714.029,84
Queimador 2	*	131,94	*	*	368.458,83	50,27	3,02	370.641,29
Total	242,89	131,94	*	*	1.080.741,27	106,71	4,14	1.084.644,13

FONTE: O Autor (2017)

Também na categoria de emissões estacionárias verificou-se o consumo e emissões pela caldeira abastecida por madeira que aquece o CAP utilizado na produção, conforme podemos observar na Tabela 10.

Tabela 10 – Emissões de gases de efeito estufa relativas ao consumo de combustível de fontes renováveis para queima direta (combustão estacionária) numa usina de concreto betuminoso usinado a quente.

Equipamento de combustão estacionária	Consumo de madeira (toneladas)	Emissões (kg)			
		CO ₂ biogênico	CH ₄	N ₂ O	CO _{2eq}
Caldeira de aquecimento CAP	14,08	26.985,96	76,40	1,02	2.213,55*

*Emissões equivalentes aos valores de metano e óxido nitroso, excluindo-se valores de dióxido de carbono de origem biogênica.

FONTE: O Autor (2017)

No ano base para realização deste inventário, percebeu-se que na comparação entre as emissões dos equipamentos utilizados para combustão estacionária, as maiores emissões em 2015 nesta empresa foram provocadas pelo queimador 1 (misturador/secador alimentado por GLP), representando 66% do total. O segundo maior emissor foi o queimador 2 (misturador/secador alimentado por óleo de xisto), que representou 34% do total de emissões, como pode ser observado na

Figura 6. As emissões provenientes da caldeira de aquecimento de CAP não contabilizam 1% do total quando em comparação com os outros itens avaliados.

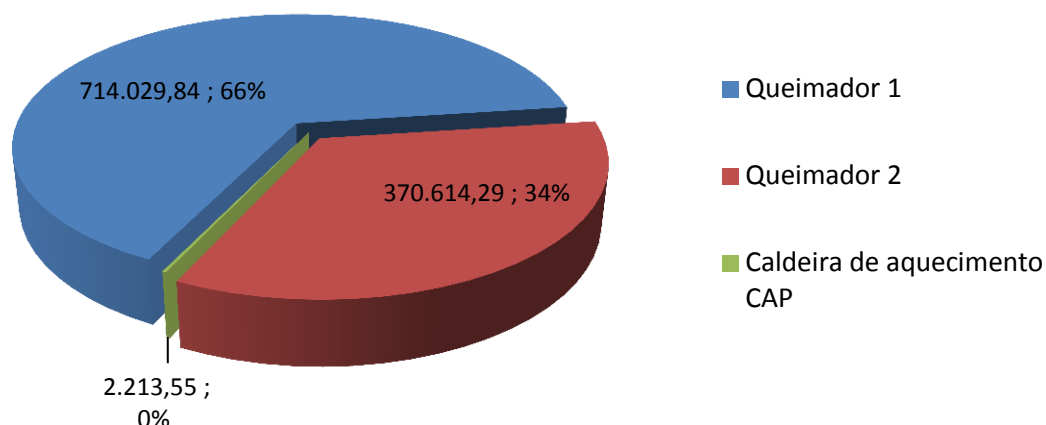


FIGURA 6 – EMISSÃO DE GEE EM kg.CO_{2eq}⁻¹ DOS EQUIPAMENTOS DE UMA USINA DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ).
FONTE: O Autor (2017)

Pode se supor que as emissões totais provenientes do Queimador 2 poderiam ser maiores, pois, por se tratar de equipamento que havia sido adquirido a pouco tempo pela empresa ainda passava por processos de calibração e costumava precisar de interrupções na produção para manutenção. Na Figura 7 podemos observar o consumo dos respectivos combustíveis para o Queimador 1 e o Queimador 2.

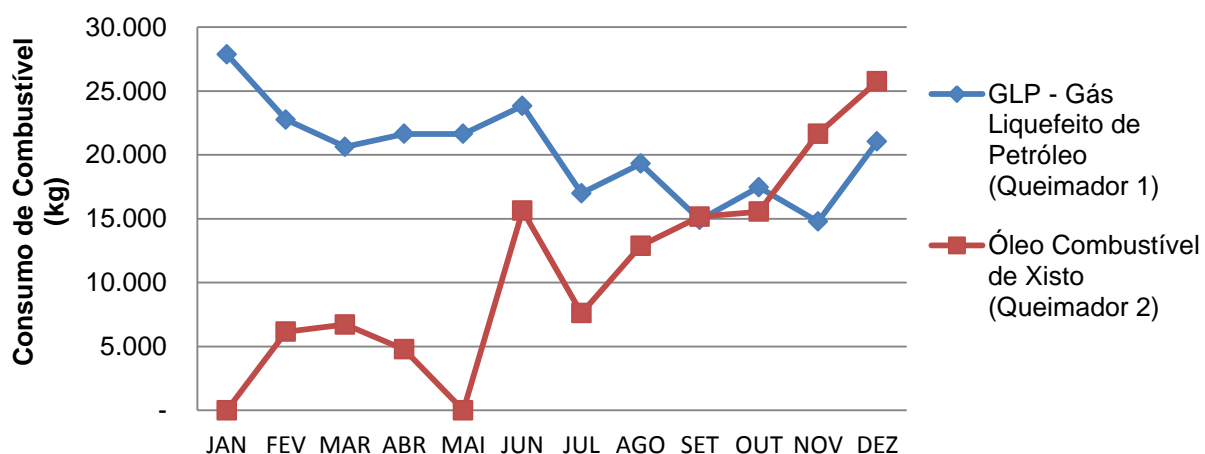


FIGURA 7 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL MENSAL EM QUILOGRAMAS PARA OS QUEIMADORES 1 E 2 NO ANO DE 2015.
FONTE: O Autor (2017)

Em relação ao óleo de xisto pode-se notar que existe baixo consumo para alguns meses, e até mesmo a ausência de consumo em outros, indicando que o uso do equipamento foi suprimido temporariamente. Percebe-se que ao longo do ano de

2015 o Queimador 2 vem aumentando seu consumo (o que indica maior volume de produção deste conjunto de equipamentos), isto permite que o outro conjunto de equipamentos trabalhe com menor sobrecarga.

Outra fonte de emissões apurada dentro do escopo 1, é a proveniente da utilização de veículos, como os caminhões e máquinas pesadas que transportam a matéria prima e o produto acabado, sendo que estes utilizam diesel (comercial) em seu funcionamento. Foi constatado que o Óleo Diesel comercial apresentava 7% e Biodiesel na sua composição, conforme dispõe a lei nº 13.033 de 24 de setembro de 2014. Essa mistura de combustível de fonte renovável de óleo vegetal no Diesel comercial traz vantagens ambientais, uma vez que os óleos vegetais não contêm enxofre (portanto, não contribuem para geração de ácido sulfuroso na atmosfera) e sua combustão gera menores teores de gases poluentes que o óleo diesel, sua emissão de CO₂ tem origem biogênica (aquele fixado durante a fotossíntese) não sendo considerado neutro (USTA^a et al., 2004). A quantidade de combustível (diesel comercial) consumida para o ano inventariado somou 174.625 litros e seu consumo médio com suas respectivas frações estão apresentadas na Figura 8

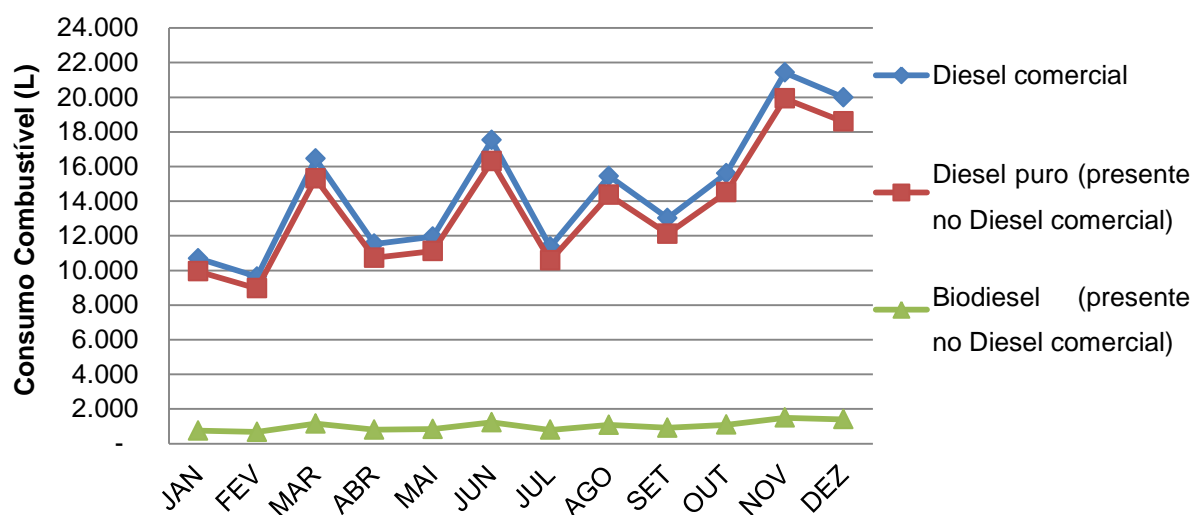


FIGURA 8 – CONSUMO DE DIESEL COMERCIAL MENSAL DOS VEÍCULOS DA EMPRESA E SUA COMPOSIÇÃO EM QUANTIDADE DE BIODIESEL E DIESEL PURO PARA O MÊS EM USO.
FONTE: O Autor (2017)

A empresa dispõe de 32 veículos, que são usados conforme a demanda da produção. Na Tabela 11 é possível encontrar os valores das emissões para o uso de combustível no ano de 2015, devido a parcela de Biodiesel utilizada no combustível foram computadas emissões de CO₂_{biogênico}.

Tabela 11 – Emissões de gases de efeito estufa relativas ao consumo de combustível para combustão móvel na empresa, no ano de 2015.

Tamanho da Frota (unidades)	Consumo de Diesel Comercial Total (L)	Emissões (kg)				
		CO ₂ biogênico	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2eq}
32 Veículos	174.625,00	29.715,94	422.730,45	26,55	22,74	430.171,00*

*Emissões equivalentes aos valores de metano e óxido nitroso, excluindo-se valores de dióxido de carbono de origem biogênica.

FONTE: O Autor (2017)

Para a categoria “resíduos sólidos” foram levantados os rejeitos do local de alimentação dos funcionários e aqueles provenientes dos sanitários, bem como o material descartado pelo escritório. Foi observado que as atividades administrativas da empresa não geram grandes quantidades de descarte devido ao uso de equipamentos eletrônicos. Apesar de a empresa possuir área de descanso e refeitório, não possui cozinha, o que também acarreta pouco descarte de alimento pelos 11 funcionários que trabalhavam na área de produção no ano de 2015. Quanto ao processo produtivo propriamente dito, não acarreta em geração de resíduos.

Conforme a classificação proposta pelo IPCC que é empregada pela metodologia *GHG protocol* (versão 2016.2), o local de disposição dos resíduos foi avaliado como tipo “A”, devido suas características, e por esse motivo assume-se o fator de correção de metano (MCF) de 0,6. Quanto ao fator de oxidação do metano a superfície (OX), o valor considerado foi igual a zero. Não foi constatada recuperação de CH₄ no local de disposição desses resíduos. Os dados referentes a geração de resíduos sólidos estão disponíveis na Tabela 12.

Tabela 12 – Geração de resíduos sólidos no ano-base de 2015 para a empresa e quantificação de seu carbono orgânico degradável.

Composição do Resíduo	Quantidade		Carbono orgânico degradável
	Valor absoluto (kg)	Valor relativo	
Resíduos alimentares e de sanitários	80,00	61,5%	0,24616
Papéis/papelão provenientes das funções administrativas	50,00	38,5%	0,05769
Total	130,00	100%	0,30385

FONTE: O Autor (2017)

As emissões decorrentes dos dados levantados para a categoria tratamento de resíduos sólidos podem ser encontradas na Tabela 13. As emissões para esta categoria não apresentaram grande relevância comparativamente a outras de maior importância para este tipo de indústria.

Tabela 13 – Emissões totais em valores absolutos de metano e em CO_{2eq} provenientes dos resíduos sólidos destinados pela empresa.

Emissões provenientes da destinação de resíduos sólidos (kg)			
Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais em CO _{2eq}
-	0,68	-	16,99

FONTE: O Autor (2017)

O resultado encontrado pela análise físico-química do efluente do lavador de veículos apontou o valor de 0,2260 kgDQO.m³ na entrada do sistema de tratamento. Por apresentar lagoa anaeróbia o fator de emissão de metano para o sistema foi de 0,8. As emissões encontradas para o tratamento de efluentes podem ser vistas na Tabela 14.

Tabela 14 – Emissões totais em valores absolutos de metano e em CO_{2eq} provenientes do sistema de tratamento de efluentes.

Emissões provenientes do tratamento de efluentes (kg)			
Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais em CO _{2eq}
-	0,81	-	20.340,00

FONTE: O Autor (2017)

O tratamento de efluentes para a empresa inventariada não responde por grande parcela de suas emissões, uma vez que não possui alta carga orgânica. Segundo do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (2016), são os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose que detêm os maiores potenciais de emissões de CH₄.

As emissões fugitivas não acusaram valores significativos para o inventário da empresa-objeto, mas ainda assim foram contabilizadas e seus valores estão dispostos na Tabela 15.

Tabela 15 – Equipamentos e emissões fugitivas totais para a empresa em estudo, no ano de 2015.

Descrição do equipamento	Quantidade de equipamentos (unidade)	Emissões Fugitivas (kg)			
		Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais em CO ₂ eq
Ar condicionado	3	483,60	-	-	483,60

FONTE: O Autor (2017)

Os resultados das emissões para o escopo 1, podem ser vistos na Figura 9. A emissão total para este escopo somou o valor 1.537.868,99 kgCO₂eq.

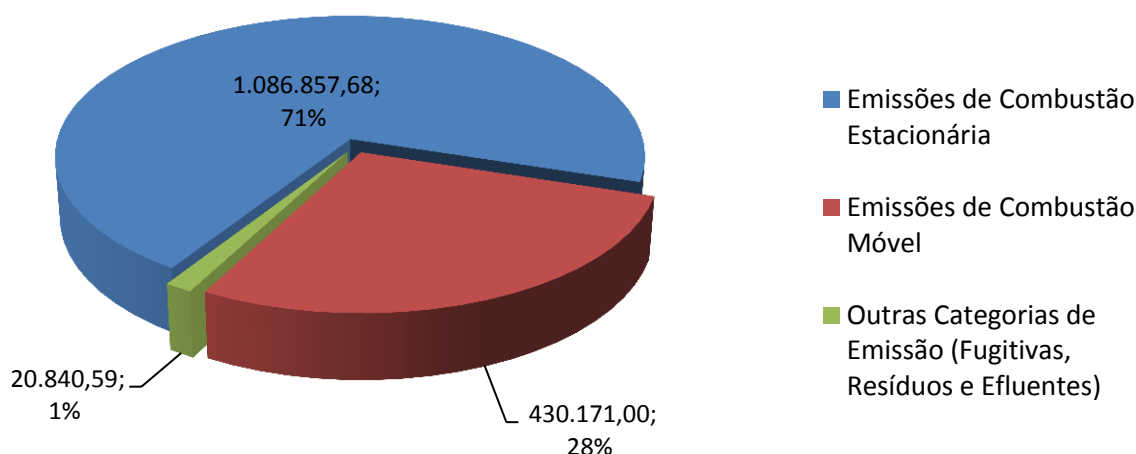


FIGURA 9 – EMISSÃO DE GEE EM kgCO₂eq PROVENIENTE DAS CATEGORIAS DO ESCOPO 1 DE UMA USINA DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ).
FONTE: O Autor (2017)

Constatou-se que grande parte o escopo 1 - emissões diretas de GEE – se constitui pelas atividades dentro da categoria de combustão estacionária, isto ocorre porque nela estão abrangidos os equipamentos relacionados a mistura da massa

asfáltica produzida sob altas temperaturas (entre 150 à 170 °C), o que exige grande queima de combustíveis, no caso fósseis, para que se mantenha a temperatura ideal do produto.

Esse fato já havia sido percebido por Paiva e Cartaxo (2014), que apontaram o uso de combustíveis fósseis (como o carvão, o diesel e o gás natural) para a manutenção das altas temperaturas como sendo o principal emissor de GEE para essa atividade. Esse fato é endossado por The Carbon Trust (2010) que também verificou que a utilização de combustível para os queimadores que aquecem e secam o agregado é a fonte dominante de emissões.

Ainda segundo o mesmo autor os valores de emissões atingem níveis menores à medida que a usina de asfalto é termicamente eficiente (queimam de maneira eficiente os combustíveis e apresentam bom isolamento térmico). Ressalta ainda que se podem diminuir emissões através de menores teores de umidade dos agregados utilizados, por exemplo, se houvesse diminuição de 2% no teor de água nos agregados utilizados na mistura do setor de produção de CBUQ do Reino Unido, haveria uma queda na ordem de 580.000.000 kgCO₂ emitidos naquele país para esse setor no ano de 2007. Podemos concluir que tanto a eficiência térmica quanto a manutenção da baixa umidade de agregados estão intimamente ligados às emissões de GEEs, pois interferem no consumo de combustíveis nos processos de secagem no cilindro do equipamento. Segundo Thives e Ghisi (2017) no Brasil, os estoques de agregados são geralmente localizados em áreas descobertas, perto da usina de asfalto, o que pode favorecer o seu teor de água, porém esta situação não foi encontrada na empresa objeto deste inventário, que faz uso de locais cobertos para armazenagem dos agregados, de forma que fiquem protegidos das intempéries climáticas.

Como segunda emissão mais importante dentro do escopo 1 aparecem as resultantes da combustão móvel, isto ocorre porque toda a produção da usina é levada até os compradores por meio de transporte rodoviário. Devido todos os veículos desta empresa utilizar o óleo diesel comercial como combustível, suas emissões tornam-se expressivas.

Desta forma, as emissões da combustão móvel representaram 28% do total de emissões desse escopo (430.171,00 kgCO_{2eq}), as emissões da combustão estacionária somaram 71% do montante (1.086.857,68 kgCO_{2eq}) e a soma dos resultados encontrados para as categorias de emissões fugitivas (resíduos sólidos e

efluentes), mesmo reunidas obtiveram significância limitada em comparação com as outras fontes de emissões desta empresa, não representando mais que 1% das emissões do escopo 1 (20.840,59 kgCO_{2eq}).

4.3 EMISSÕES INDIRETAS DE GEE – ESCOPO 2

Seguindo a metodologia de *GHG protocol* (versão 2016.2), as emissões de compra de energia elétrica ou térmica deverão constar do escopo 2, considerando-as como emissões indiretas da empresa. Os resultados obtidos para o consumo e emissão de gases de efeito estufa para referentes a compra de energia estão descritas na Tabela 17.

Tabela 17 – Compra de eletricidade pela empresa e suas respectivas emissões mensais para o consumo.

Origem da Energia	Mês	Eletricidade Comprada (kWh)	Emissões mensais de CO ₂ (kg)
Companhia Paranaense de Energia - COPEL	Janeiro	9.275,00	1.182,56
	Fevereiro	11.015,00	1.455,08
	Marco	12.262,00	1.678,67
	Abril	13.257,00	1.724,74
	Mai	13.017,00	1.637,54
	Junho	15.888,00	2.233,85
	Julho	14.048,00	1.715,26
	Agosto	10.656,00	1.260,60
	Setembro	11.603,00	1.412,09
	Outubro	11.974,00	1.412,93
	Novembro	10.696,00	1.205,44
	Dezembro	14.126,00	1.518,55
Total		147.817,00	18.437,31

FONTE: MCT (2017)

Na figura 10, pode ser observado o comportamento da compra de energia e a quantificação das emissões de CO₂ respectivamente.

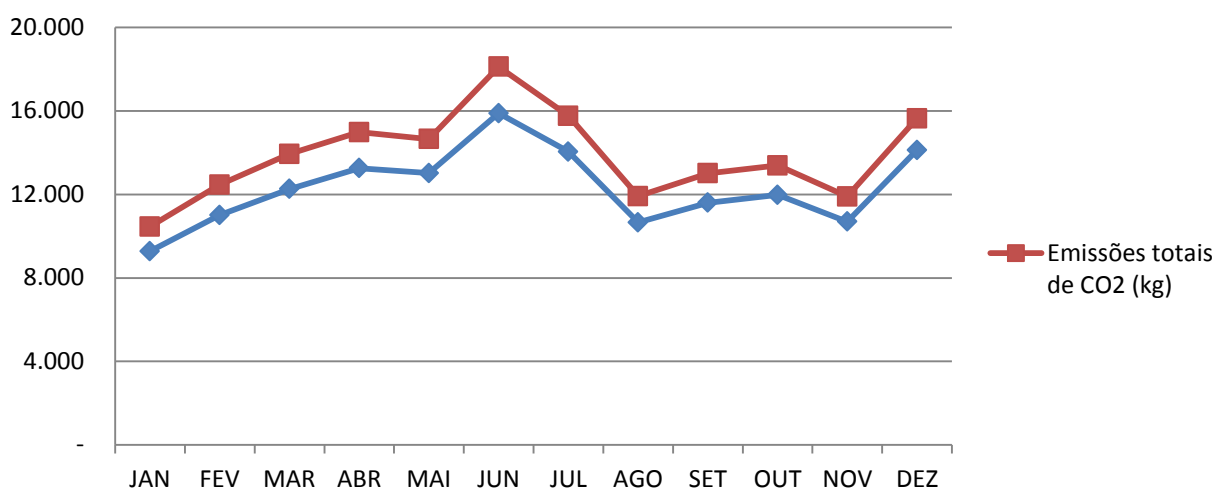


FIGURA 10 - COMPORTAMENTO DA COMPRA DE ENERGIA ELÉTRICA NA EMPRESA OBJETO DO INVENTÁRIO.
FONTE: O Autor (2017)

Para o ano de 2015 a única entrada de energia está associada à compra de energia elétrica fornecida pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), não sendo necessária a compra de energia térmica (vapor) na empresa em questão. O observado neste inventário foi a mesma situação encontrada por The Carbon Trust (2010) para as usinas de asfalto, na qual a eletricidade é consumida em uma grande variedade de equipamentos, tais como motores, compressores, energia de escritório e iluminação.

4.4 EMISSÕES TOTAIS

O somatório das emissões consideradas pelo *GHG protocol* (versão 2016.2) para a empresa inventariada resultaram no valor de 1.556.306,58 kgCO₂eq. Observou-se que o Escopo de grande relevância para este tipo de empresa é o de emissões diretas, representando 99% das emissões totais. The Carbon Trust (2010) aponta que para as usinas do Reino Unido, a compra de eletricidade pode chegar a representar até 20% das emissões de CO₂, este valor difere do encontrado neste inventário, em que o Escopo 2 (que nesta oportunidade constitui-se exclusivamente por compra de eletricidade) representou apenas 1% do total emitido, conforme a Figura 11.

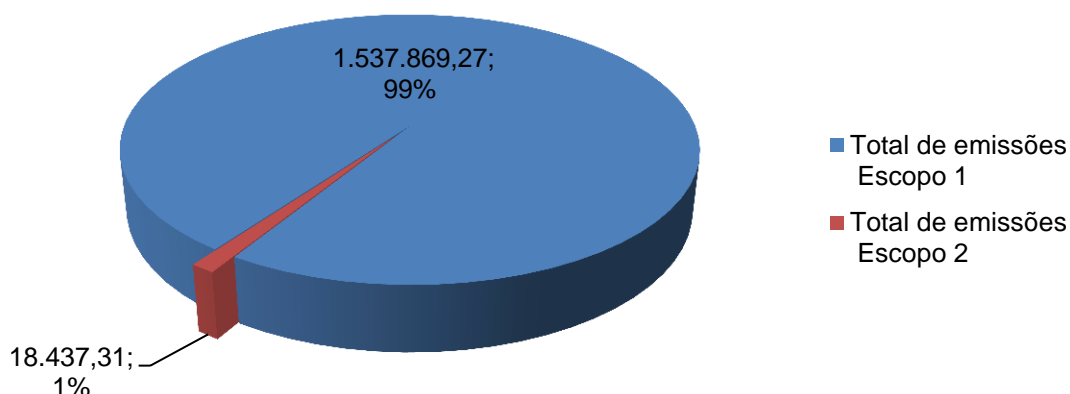


FIGURA 11 - EMISSÕES TOTAIS POR ESCOPO EM kgCO_{2eq}. E SUA PARTICIPAÇÃO EM PORCENTAGEM NO TOTAL DE EMISSÕES PARA A EMPRESA INVENTARIADA.
 FONTE: O Autor (2017)

O fator de emissão encontrado para a produção de cada tonelada de CBUQ na empresa inventariada foi de 25,77 kgCO₂, este valor se assemelha ao exposto pela Associação de Produtos Minerais de Londres (MPA) *apud* The Carbon Trust (2015) que está estimado em 24 kgCO₂ por tonelada produzida de CBUQ. Já os dados obtidos nos Estados Unidos pela Associação Nacional de Pavimento Asfáltico (NAPA) (2017), demonstram fatores de emissão menores estimados em 20,68 kgCO₂ por tonelada de CBQU, quando utilizada a metodologia EPA Reporting Tool e em 20,64 kgCO₂ por tonelada utilizando-se a metodologia TCR (The Climate Registry). A Comparação entre os valores encontrados podem ser observados na Figura 12.

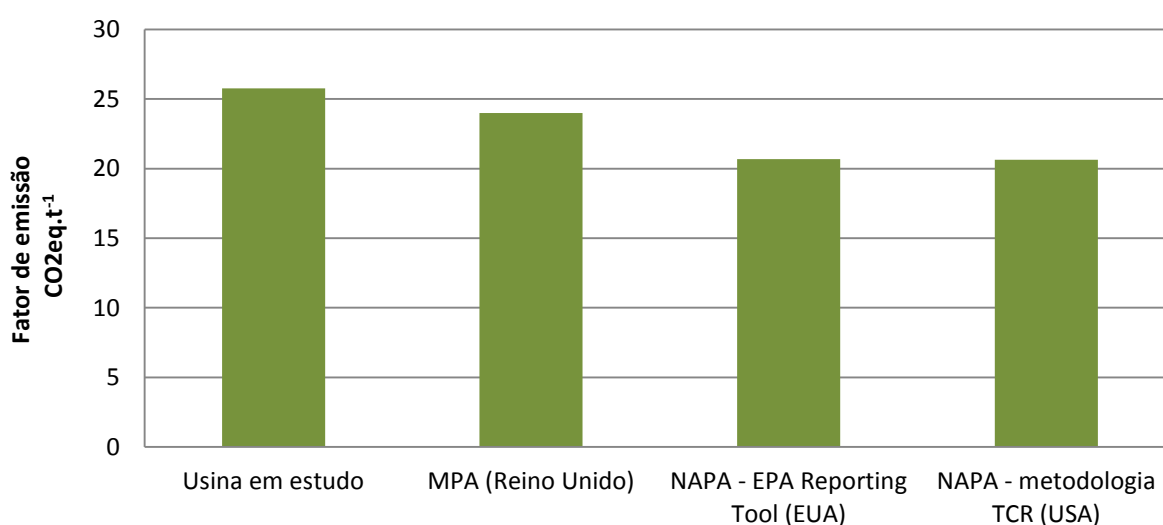


FIGURA 12 – FATORES DE EMISSÃO DE GEE PARA A EMPRESA INVENTARIADA E VALORES ENCONTRADOS EM OUTROS LUGARES DO MUNDO, EXPRESSOS EM kgCO_{2eq}/t.
 FONTE: NAPA (2017); MPA *apud* THE CARBON TRUST (2015) adaptado pelo Autor (2017).

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE REDUÇÕES DE EMISSÕES NO SETOR

O caminho para uma pavimentação sustentável está na redução no uso de energia e na conservação dos recursos naturais, fatores que estão intimamente ligados às emissões de GEE.

A maior fonte de consumo de energia é a necessária para produzir o calor usado para aquecer o CBUQ, assim, reduzir a temperatura necessária neste processo é um dos principais alvos para uma produção mais equilibrada ambientalmente (THIVES; GHISI, 2017). Para Miller e Bahia (2009), a redução no consumo de energia (combustíveis e compra de eletricidade) pode ocorrer com a utilização de técnicas de usinagem que utilizem menores temperaturas no preparo da mistura, o que reflete em menores emissões e impacto ao ambiente.

Conforme a Associação Europeia de Pavimento Asfáltico (2017), entre as formas de usinagem que utilizam menores temperaturas existe o CAUM – concreto asfáltico usinado morno – que é produzido a uma temperatura entre 20 à 40°C menor em comparação ao CBUQ. Além do menor consumo de energia este tipo de mistura gera melhores condições de trabalho para os funcionários da usina e permite a reabertura da área pavimentada em menor tempo. Entretanto, conforme o exposto por The Carbon Trust (2015) este tipo de pavimento apresentaria custo adicional pela incorporação de aditivos à massa. A Associação Europeia de Pavimento Asfáltico (2017), ainda apresenta a existência da opção do concreto asfáltico produzido a frio, que não emprega o aquecimento da mistura, no entanto exige o uso de uma emulsão específica na sua composição. A mistura que ganha força ao longo do tempo apenas é recomendada para o uso em vias de tráfego baixo, reparos em ruas, e outros usos pontuais e específicos, ficando limitada sua empregabilidade (EAPA, 2017; The Carbon Trust, 2015).

Para Thives e Ghisi (2017) nas usinas que produzem CBUQ, o teor de umidade dos agregados é um parâmetro muito importante para controlar o desempenho de uma planta de asfalto e diminuir emissões de GEE, a umidade depende do procedimento de extração na pedreira, da forma como as pilhas de agregados são protegidas da precipitação e da forma como o operador da carregadora frontal escolhe os agregados da pilha antes de depositá-los nos silos dosadores. Os menores teores de umidade economizam significativamente energia, o que reduz as emissões.

Conforme a Aliança de Pavimentação Asfáltica (2010), outra forma de se buscar a redução de emissões de forma ampla é a incorporação de materiais reciclados à massa asfáltica, por exemplo, ao reutilizar ligantes reciclados ou recuperados, é possível consumir menor quantidade de ligante virgem, que vem do petróleo. A reutilização de agregados permite menos operações de mineração. Além disso, resíduos de outras indústrias podem ser adicionados à mistura, como no caso de pneus de borracha e escórias.

5 CONCLUSÃO

O valor total de emissão inventariado por meio da metodologia *GHG protocol* (versão 2016.2) para esta empresa de usinagem de asfalto do tipo CBUQ, somou 1.556,31 tCO_{2eq}.

As atividades que geram gases de efeito estufa encontradas na empresa dentro do escopo 1 – emissões diretas de GEE - foram os queimadores (secadores/misturadores) de massa asfáltica, a caldeira para aquecimento do ligante betuminoso (cimento asfáltico de petróleo – CAP), considerados fontes de emissões por combustão estacionária. Esta categoria somou 71% das emissões da referida empresa.

Ainda dentro do escopo 1, considerou-se o uso da frota de veículos para transporte do produto acabado e de carregadeiras para a matéria prima, este foi designado como categoria de emissões móveis e representou 28% das emissões apuradas para este escopo. A destinação de resíduos sólidos para aterro, o tratamento de efluentes do lavador de veículos e as emissões fugitivas, finalizaram a contabilização de emissões para o escopo 1, representando apenas 1% desse escopo. O escopo 2 foi inteiramente constituído pela compra de energia elétrica.

Para o escopo 1 o valor atingiu 1.537,87 tCO_{2eq}, sendo considerado o de maior representatividade nas emissões totais desta empresa, equivalente a 99% das emissões totais da empresa inventariada. Para o escopo 2 – emissões indiretas de GEE - o valor encontrado foi de 18,44 tCO_{2eq}, representando o 1% restante de emissões.

REFERÊNCIAS

APA. Asphalt Pavement Alliance. **Pavement type selection**. Lanham, MD, USA. 2010.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura : plano ABC. Brasília: Biblioteca Nacional de Agricultura, 2012. 173 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf>. Acesso em: 01 set. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima: volume 4. Brasília: Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento, 2016. 336 p. Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706739/Volume+3.pdf/355d4a1e-9f3c-474a-982e-b4a63312813b>>. Acesso em: 01 set. 2016

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica**: Formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS, ABEDA, 2008. 72 p.

CARLONI, F. B. B. A., 2012. Gestão do Inventário e do Monitoramento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Cidades: O Caso do Rio de Janeiro. Tese de D. Sc, Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 60, n. 3, Set. 2008.

DECONCIC (São Paulo). FIESP. **ESTUDO DA CADEIA PRODUTIVA DO ASFALTO: DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS E PROPOSIÇÕES DE APRIMORAMENTO**. São Paulo: Fiesp, 2009. 72 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 031/2006 - ES: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2006.

EAPA. European Asphalt Pavement Association. Driving ahead with sustainable asphalt roads web portal. Disponível em: < <http://www.eapa.org/asphalt.php?C=78> >. Acesso em: 28 fev. 2017.

FEAM. Governo do Estado de Minas Gerais. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2008. 120 p.

FGV - CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Guia para elaboração de relatórios corporativos de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Programa Brasileiro de GHG Protocol. 24p. 2009.

GÂNDARA, Gustavo Morini Ferreira. **ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS: UMA ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DA REUTILIZAÇÃO**. 2000. 90 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'oeste, 2000.

GHG PROTOCOL. 2016. Ferramenta de cálculo. Disponível em: <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>. Acesso em 13 jan. 2017

GRAVE, Lucas Eduardo. **EFEITO DA TEMPERATURA DE COMPACTAÇÃO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MISTURAS ASFÁLTICAS**. 2016. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lageado, 2016.

IBGE. Relação dos Municípios do Estado Ordenados Segundo As Mesorregiões e As Microrregiões Geográficas Do IBGE, PARANÁ , 2012.

IPCC. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge And New York: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf. Acesso em: 02 set. 2016.

MARENGO, J. A. NOBRE, C.A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia , 2011. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/relatorio_port.pdf. Acesso em: 01 set. 2016.

MILLER, Timothy D.; BAHIA, Hussian U. Sustainable Asphalt Pavements: Technologies, Knowledge Gaps and Opportunities. **Modified Asphalt Research Center**, Wiscosin, v. 1, p.1-7, fev. 2009.

MEDEIROS, Andréa Garcia de. **TECNOLOGIAS DE APROVEITAMENTO DO XISTO RETORTADO**. 2013. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2013.

NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION (Lanham Estados Unidos da America). **Emission factors**. 2017. Disponível em: http://www.asphaltpavement.org/index.php?option=com_content&task=view&id=546&Itemid=1143. Acesso em: 01 mar. 2017.

NEVES, Camila Garcia; DOPICO, Yasmini Bianor Canali. **ANÁLISE DE METODOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE INVENTÁRIOS DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE CIDADES**. 2013. 132 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PAIVA, Teônias Silva de; CARTAXO, Elizabeth Ferreira. Misturas asfálticas quentes: impactos ambientais e utilização do RCD. **T&c Amazônia**, Manaus, p.10-12, jan. 2014.

PETROBRAS. **GÁS LIQUEFEITO DE PETROLEO: INFORMAÇÕES TÉCNICAS**. 1.2 [s. L.]: Petrobras, 2013. 11 p.

PIMENTEL, Andreia et al. FITOSSOCIOLOGIA DO SUB-BOSQUE DO PARQUE AMBIENTAL RUBENS DALLEGRAVE, IRATI, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 38, p.479-486, jul. 2008. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/12413>>. Acesso em: 02 set. 2016.

RIO DE JANEIRO. Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro. Prefeitura do Rio de Janeiro (Ed.). **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro**: Ano de referência: 2015. Rio de Janeiro: Rj, 2016. 26 p.

RUBIO, M. Carmem et al. Warm mix asphalt: an overview. **Journal Of Cleaner Production**, Granada, Espanha, v. 24, p.76-84, mar. 2010

SANQUETTA, Carlos Roberto et al. ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM UMA OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL COM A METODOLOGIA GHG PROTOCOL. **Enciclopédia Biosfera**, Goiania, v. 16, n. 9, p.1088-1106, 2013.

THE CARBON TRUST (Reino Unido). **INDUSTRIAL ENERGY EFFICIENCY ACCELERATOR: GUIDE TO THE ASPHALT SECTOR**. Londres: The Carbon Trust, 2010. 25 p.

THE CARBON TRUST (Reino Unido). **A STUDY ON LOWER TEMPERATURE ASPHALTS COMMERCIALISATION IN THE UK**. Londres: Carbon Trust, 2015. 63 p.

THIVES, Liseane Padilha; GHISI, Enedir. Asphalt mixtures emission and energy consumption: A review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s. L.], v. 72, p.473-484, jul. 2017.

USTA^a, N. et al. Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a Diesel engine. **Energy Conversion And Management**, Turquia, v. 46, p.741-755, maio 2004.

VICENTE, Andrea Koga. **EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS**. 2017. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.